農試所土壤資訊系統之應用

劉滄棽 郭鴻裕 朱戩良 劉禎祺

行政院農業委員會農業試驗所農業化學系

一、前言

近年資訊科技之高速發展，計算機性能越來越好，使用者亦越來越普及化，替農業現代化鋪設良好之基礎。世界各國已普遍發展農業資訊技術並應用於農業資源管理、作物生產管理與產量預測、畜牧生產、農業機械、農業經濟、農業經營管理、農業環境控制、作物病虫害預報等方面。資訊科技可使農業科技跨越一大步，帶來高效率、高經濟、高品質的農業生產、農業經營管理新紀元。

臺灣地區地質與地形複雜，土壤種類繁多，對於土壤特性之掌握不可不重視。又臺灣地區地狹人稠，除開發邊際土地舒解空間壓力外，對於有限土壤資源更應設法充分利用與保護，以解決未來之糧食、能源及日益惡化之生活環境問題。土壤資源之利用首重於土壤資料之掌握，自民國前一年起，農業試驗所先後已實施完成九次不同類型之土壤調查計畫。這些土壤調查計畫應用在土壤管理、配肥措施及灌溉規劃等方面，對於臺灣過去之糧食增產有很大之貢獻；土壤調查資料表達也隨時代進步由圖文資料進展至資料庫與土壤資訊系統。最近一次(民國四十九年至六十七年)完成之土壤詳測調查資料對於本省之土壤性質瞭解極有貢獻；雖該項資料以定性資料爲主，急待更新爲定量資料(目前行政院農業委員會與臺灣省政府農林廳正支持一新的土壤調查計畫進行中)，但在現階段之農業發展仍有其利用價值。過去臺灣地區已完成耕地及坡地土壤調查，並印製有比例尺兩萬五千分之一土壤圖共 306 幅。

但土壤調查報告係以專業語言記載，非土壤專業人士無法充分利

用，同時土壤調查圖文資料繁多，查閱或圖上作業費時費力，龐大之圖文資料必需應用資訊科技解決。利用地理資訊系統及專業之判釋，可將各種艱深之圖文資料轉爲各階層利用之主題圖，增加土壤資料之可利用度，發展一容易查詢及分析功能之應用軟體，讓使用者在不瞭解土壤資料庫結構及地理資訊背景，仍可以很快得到所需之土壤資訊及完整的土壤性質分布圖與統計資料是土壤工作者所期望。西方各先進國爲因應社會大眾對土地利用及環境保護之需求，在七十年代以逐漸發展土壤資訊系統(soil information system)，供土地能限分級、農地利用規劃、稅級評訂、地下水保護、環境風險評估等等，充分發揮土壤調查資料之應用，其發展之經驗及應用方向足供我國之參考。

二、臺灣農田土壤資訊系統之建立

臺灣省政府及行政院農業委員會有鑒於農地管理之重要，於民國七十六年度起補助台灣省農業試驗所資訊設備，並先將臺灣地區稻田生產力分級圖數化，提供各地政單位查對農田生產力等級，以保護優良農田。同時土壤分布複雜、性質多、變異大，如何將土壤肥料試驗研究成果推廣於農田一直困擾土壤肥料及農業推廣人員，爲建立一農田土壤管理資訊系統，以指導農民土壤肥培管理及保護農田，所以自民國七十七年度起臺灣省農業試驗所接續數化平地耕地土壤圖，該系統解決了土壤調查報告(共 11 冊，1678 頁)、圖籍資料龐大(164 幅，33 平方公里)繁雜查閱困難(三萬多個圖塊)、專業用語之描述不易瞭解等諸多問題，同時利用地理資訊系統與專業知識之闡釋，將土壤圖文資料轉爲各種主題圖，增加土壤調查資料之可利用度。同時臺灣省政府農林廳水土保持局也進行坡地土壤圖數化工作，因爲受限於軟硬體設備之不同，兩資料庫並未完全整合。八十一年十一月經濟部成立國土資訊系統自然環境基本資料庫分組推動委員會，由經濟部資訊中心負責推動，並設有土壤、地質、地形、氣象、水文及水資源等六個常設性工作小組，農業試驗所即積極參與推動工作。八十六年度規劃建置『土壤調查資料庫』，將耕地及坡地土壤資料庫整合，八十八年度

進行『土壤調查資料庫』在作物適栽分析之整合應用規劃建置專案，是跨氣象、土壤、地形小組資料庫並結合作物專業之應用專案，已於八十八年六月完成。

自八十六年起配合台灣省政府推動網際網路建置發展，開發土壤資料網路查詢系統(taiwansoil.tari.gov.tw/talhtml/)，以推廣土壤資訊，使各階層都能接觸到有關土壤的知識，進而關心土壤環境，了解土壤保育對人類生活的重要性。另外針對農業從事人員，包括：基層農會之推廣人員及農業改良場之土壤肥料研究人員之需求，開發『土壤肥力管理與改良資訊系統』。利用地理資訊系統的疊圖、分析功能，除可瞭解各地區土壤肥力概況外，也提供農田之利用與管理建議，如適栽作物種類、石灰推薦量估算、耕作應注意事項等功能，然而各類試驗與調查資料仍嫌不足，尚未能達到精密的要求。

目前該土壤資訊之應用事例皆屬於高層次之資源管理方面應用，由農民直接應用土壤資訊之發展則尚未起步。日本農業試驗單位利用進行 17 年之『地力保全基本調查』計畫資料，建立『日本農地土壤情報系統』，並發展推行農地生產環境情報系統實用化事業，進行全域性之作物適地評價圖化作業，以及建立地域性之土壤管理及施肥推薦系統，因應農民栽植作物有關管理技術之諮詢需求，穩定農業生產，提昇農產品質。台灣地區在提供農民土壤管理及改良資訊尚處萌芽階段，需積極發展以因應未來農產品市場開放之挑戰。

三、土壤資訊系統在土壤肥培管理之應用

以目前之農業科技水準衡量，施用肥料仍是農業不可缺少之生產技術之一。如何應用土壤資訊，妥善利用土地資源並合理的施用肥料而達到永續農業之目標，是土壤肥料人員之現階段工作重點，試舉幾個目前正發展或應用事例提供參考。

（一） 妥善的利用土地資源

有關農田耕作之土壤特性，包括：有效水分含量、土壤氧氣

供應能力、有效養分狀態、保肥力、土壤毒害物質、田間耕犁性等等，影響作物生長與田間管理甚大。在一塊田耕作，必然考慮要如何配合土壤特性選擇作物，這些土壤因子之考慮，即是大家所熟知『適地適作』之道理。適地適作是減少投入之先決條件，但是在經濟效益、動態過程及社會接受力等因子干擾下，特別是臺灣之農產品銷售價格常決定於市場之需求，故有時不適作農地亦得改良農田土壤，轉而栽種市場價格佳之作物。所以需要在『適地適作』與『市場價格』間取得平衡。

一般常見之例子爲農友在強酸性土壤栽種忌酸作物，因爲作物生長不良而懷疑施肥量不足，於是再三的嘗試施用各種肥料與過量施肥，但還是得不到應有之報酬。土壤資訊掌握平地地區之土壤性質空間變異，可用於評估地區之土壤性質與作物生長需求條件之適合度等級，而選擇有利之作物。以土壤養氣供應能力(由土壤排水等級與土壤質地、土壤構造等決定)爲例，某一區域農田之土壤通氣不好，好氣性作物根系呼吸受阻，我們當然以選擇耐水性作物或水生性作物爲宜。如果此類作物價格不良(可能該類作物生產過剩或品質不佳)，生產成本不合經濟效益，退而求其次，可以在栽培技術尋求解決方法，改善生產品質，或只好投資進行土壤排水改良工程，提供選擇其它作物之機會。通常土地資源之利用是需要以區域或國家規模之尺度考量，也應由國家在考量整體農業發展方向後，再輔導農民選擇栽植作物，以減少不必要之投資浪費，一般少有由個人農田來進行土壤改良工作。

（二） 肥料施用推薦量與施肥技術之利用

土壤性質(土壤溫度、土壤硬度、有效水分含量、通氣性、土壤酸鹼度、其它有效養分、有害物質等等)會影響植物根系之活性與伸展，同時也會直接或間接的影響肥料有效性。利用土壤資訊可以因地制宜的估算肥料之施用量、補充缺乏之必需元素與調整施肥方法，推薦地區之施肥量與施肥方法，提高作物之肥料利用率。

以土壤資訊之資料應用於評估臺灣地區農田土壤鎂肥之需求

爲例說明，交換性鎂其含量通常與作物鎂吸收量有密切相關，但國人較少注意。一般人以酸性且粗質地土之交換性鎂絕對低限値爲0.2 cmol.(+) /kg 土，但一般熱帶地區交換性鎂低於0.5 cmol.(+) /kg土含有缺鎂徵狀；部分資料顯示認爲交換性鎂在4.0 cmol.(+) /kg土方足夠，依作物類別及土壤性質而異。又如以日本地力增進標準土壤交換性鎂至少應爲陽離子交換能量之15%評之，則臺灣平地農田之紅壤、中南部非石灰性砂頁岩沖積土、東部片岩沖積土及宜蘭地區非石灰性板岩沖積土之土壤交換性鎂含量顯然不足有待提昇，或對於鎂元素管理應加以注意。

最近調查各土類土壤交換性鎂之平均值及標準偏差如下表：

表1、調查區農田土壤交換性鎂之平均值及標準偏差

層次		砂頁岩[1] 沖積土	片 岩[2] 沖積土	砂板岩[3] 混 合 沖積土	石灰性[4] 砂頁岩 沖積土	紅 壤[5]	非石灰性[6] 板 岩 沖積土
		土 壤 交 換 性 鎂 (cmol.(+)/kg 土)					
1	平均值	1.08	0.51	3.16	1.81	0.56	0.80
	偏差	0.42	0.35	0.30	0.79	0.35	0.30
2	平均值	1.15	0.45	2.18	1.80	0.50	0.77
	偏差	0.49	0.41	0.80	0.75	0.32	0.29
3	平均值	1.25	0.45	2.09	1.92	0.45	0.68
	偏差	0.54	0.48	0.86	0.80	0.36	0.23

1. 砂頁岩沖積土：潭子、大里、大社。
2. 片岩沖積土：新城、卑南。
3. 砂板岩混合沖積土：彰化、和美。
4. 石灰性砂頁岩沖積土：安定、七股、西港、永康。
5. 紅壤：八德、埔里大平頂。
6. 非石灰性板岩沖積土：羅東。

由表可知片岩沖積土、紅壤及非石灰性板岩沖積土等三土類之土壤交換性鎂偏低，砂頁岩沖積土則在邊緣。東部片岩沖積土、紅壤地區之作物缺鎂甚爲普遍，是已知之事實，宜蘭地區之非石灰性板岩沖積土是否缺鎂則需進一步確認。交換性鈣鎂比是否平衡，亦影響鎂元素之有效性。

土壤交換性鎂值偏低，應當施用鎂肥改善，臺灣省農業試驗所在埔里大平頂紅壤地區缺鎂百香果園施用含鎂石灰8噸/公頃，除可以增產60%以上，對於百香果品質亦大幅改進；新社地區之枇杷、后里外埔地區葡萄缺鎂亦有驚人之改善生產量與品質效果。

（三） 增加與穩定生產－土壤改良之利用。

土壤性質不良自然影響作物之生長，亦影響作物對養分之吸收，透過土壤改良技術可以改進土壤生產力，增加與穩定農業生產，也直接或間接增加肥料利用率，保護環境品質，提高經濟效益。土壤資訊可以提供地區之土壤改良項目與面積，供為評估土壤改良區之優先順序及土壤改良之效益。

地力增進計畫是一正積極推動之政策之一，其主要目的在於改善農田土壤性質，以提高農作物產品之質與量。臺灣省農業試驗所配合該項計畫，以土壤資訊為基礎，評估臺灣地區農田土壤待改良項目有十一項，包括：有效土層淺、表土石礫、表土耕犁性差、土壤鹽分、酸性土壤、排水不良、土壤保水力低、土壤養分含量低、土壤污染、風害及其他整體性之問題(如土壤有機質含量、犁底層問題)等。報告中提示各項土壤改良之重要性、改良方法與過去曾進行之試驗或小規模計畫之改良成效，同時列出各鄉鎮、縣等行政單位之改良面積，可供各級農政單位執行計畫參考。

透過農地力增進計畫之執行，可達到下列目的：提高農地之生產力，振興農村經濟，穩定農業生產，安定社會；改善耕作環境，增加農民選擇栽培作物機會，以增加開放市場挑戰之競爭力；提高土壤生產力，降低作物生產成本；配合其他農業政策、計畫，擴大其它計畫成果；改善農地污染問題，保障國民健康。

（四） 保育資源與增進環境品質－農耕環境敏感地之劃定。

農業之施肥措施常被認為地表水或地下水質污染之主要原因，以目前施肥技術水準而言，為了維持一定水準之產量，又要降低耕作成本，施用肥料難免會影響環境品質，特別是氮肥。另一方面不同作物之肥料吸收率差異很大，不同作物所需肥料量亦不相同，如果不能明瞭作物之需肥量與吸收肥料型態、時期，不

當之施肥自然造成環境之污染。臺灣地區許多農田位於舊河床或沖積扇，土層淺薄且富砂礫，造成地域性之土壤保肥力小、土壤之滲漏性快、地下水位高及地表逕流等問題，肥料在土體中之移動快速，如不能小心施用肥料，施用過剩之肥料流入地表排水系統或地下水層即造成地區性之水質污染問題。

土壤資訊可以評估各地區之土壤性質對肥料動態承受力，評定農耕環境敏感地等級。在農耕環境敏感地區應當採取：(1)選擇低肥需求之土地利用型作物；(2)減少肥料用量耕作方式；(3)高肥料利用效率之施肥技術等措施，並加強農民施肥量之監測與管制措施。政府則應當補貼農民採用這些措施之損失，以減少施肥對環境敏感區之肥料污染問題，保障國民健康與良好之生活環境品質。

（五） 預防災害之應用------土壤液化敏感度評估

九二一集集地震造成許多地區嚴重的土壤液化現象，有許多建築傾斜及農田噴砂現象，引起民眾的恐慌。政府應充分提供土壤液化之潛在危險區等相關資訊與規範，讓民眾有所遵循及預防，避免再次發生災情，但目前並無圖面化之土壤液化潛在危險區資料可以應用，如要調查本項資料恐費時而且緩不濟急。農業試驗所在地震之後，迅速利用現有的土壤資訊系統，以有效土層的質地、排水性狀並以斷層線之左右五公里內影響區加乘為評估條件，區分雲嘉南中彰投等縣市土壤液化的敏感度，繪製成圖，並至部分災區現場校驗可信度，此等資料應能供為預防震災土壤液化規劃之參考。

四、工作成果

（一） 成果之應用

第一階段之土壤資訊系統資料建檔之工作完成後，利用資訊系統進行分析、闡述土壤資訊，將不易為一般人員瞭解之繁雜土壤專業資訊轉繪成簡易可讀之各種主題圖文資料。整理臺灣地區農田土

壤之性質、歷年土壤改良之試驗結果，統計各鄉鎮之待進行土壤改良之農田面積，供爲政策制定及地方執行之參考，達到充分利用及管理農田土壤資源之目的。在此期間完成『臺灣地區農田地力增進初步調查報告』一冊及各種省、縣及鄉鎮尺度之土壤性質闡釋圖三百餘幅。

同時土壤資訊系統可協助及訓練農林廳及各區農改場人員利用利用土壤資訊系統，以發揮土壤資訊功能，善用土壤資源。例如農林廳每年舉辦之酸性土壤改良計畫，每年由各縣市政府提報擬改良區域、面積，但常因土壤資訊不足及地方因素影響而使得計畫效益打折扣，如今採用本系統，可以查核所提報之酸土改良區域是否符合改良要件，以及預先規畫經費之分配，促使政府之經費有效運用。

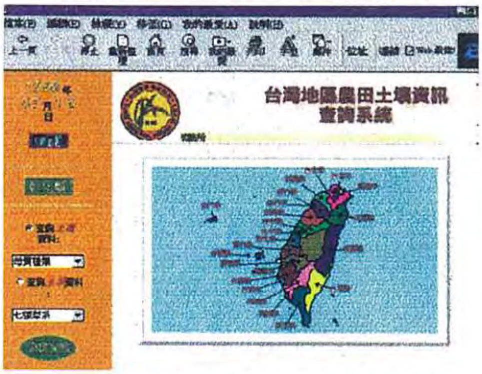
（二） 資訊提供服務

自從國土資訊系統自然環境基本資料庫分組成立以來，於八十三年度訂定自然環境基本資料庫分組之『資料目錄管理』資訊，提供土壤調查資料庫內容概要，可以讓外界瞭解資料庫內容而向資料供應單位函索土壤資料，並加以應用，函索資料之案件不斷增加。以農試所在八十二年度至八十七年度間即提供了四十二件次之服務，服務範圍包括農業、工程、地政及環保等等各不同領域。

爲擴大土壤資訊之服務層面，農業試驗所開發了台灣地區農田土壤資訊查詢系統(taiwansoil.tari.gov.tw/talhtml/)將已建檔之土壤資料庫架構於網際網路，提供網路查詢平地耕地土壤詳測調查之土壤圖，包括土系名稱、母質種類、土壤特性、土壤形態、排水等級、石灰性、坡度、表土酸鹼度及四個不同深度之土壤質地等 12 項屬性資料。使用者由農試所網頁主畫面可點選土壤資訊，之後可看到土壤資訊查詢系統，點選後即進入「台灣地區農田土壤資訊查詢系統」之主畫面(圖一)。在左邊先選擇想要查詢的區域，點選後再點一下『我要查詢』功能鍵，即可看到『查詢土壤資料』和『查詢土系資料』兩個選項(圖二)。若選擇『查詢

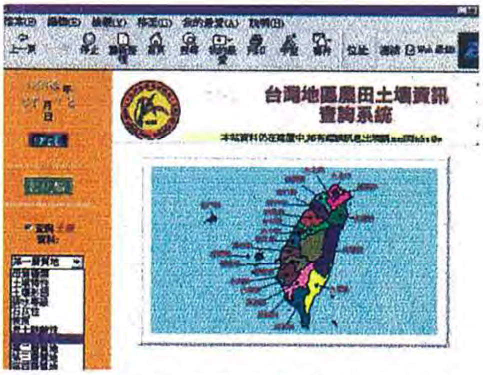
土壤資料』，請先確定此項前面的圓框內有黑點，表示選擇此項，

圖一：「台灣地區農田土壤資訊查詢系統」之畫面

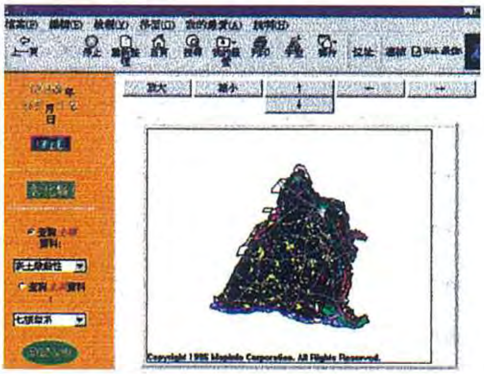


圖二：『查詢土壤資料』和『查詢土系資料』兩個選項

再按下面的選單右側箭頭，就會顯示出十一個資料項，將游標移到想要查詢的資料名稱（圖三），點選後再點一下『我要查詢』功能鍵，此時查詢介面會把選項送到站台，經運算後將查詢結果製成圖表顯示在右下方的框內（圖四），所以會需要花一點時間等待。資料表中會顯示資料項的圖例及統計資料，點選資料項名稱，會另開一個瀏覽視窗、內容為這個資料項的代碼說明（圖五），圖形部分則以各種顏色表示各個代碼，並套繪水系和道路，以便判斷位置，使用者可利用在圖形上方的放大，縮小及上下



圖三：選擇想要查詢的資料名稱

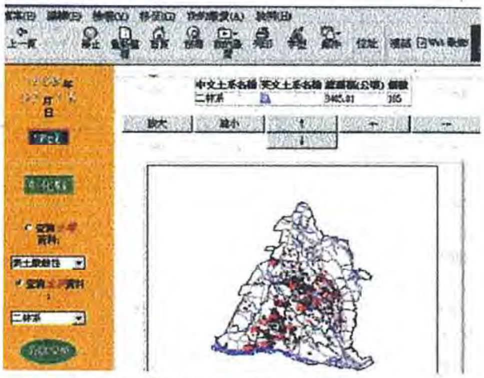


圖四：查詢表土酸鹼度結果

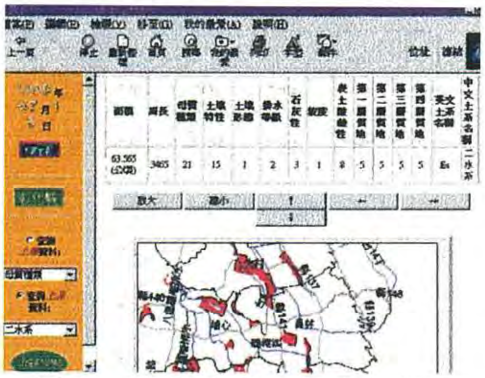
圖五：另開一個瀏覽視窗顯示表土酸鹼度資料項的代碼說明

圖六：選擇想要查詢的土系名稱

右移動功能鍵找到想查詢的地區正確位置。若選擇『查詢土系資料』，請先確定此項前面的圓框內有黑點，再按下面的選單右側箭頭，就會顯示出所有可選擇的土系名稱，將游標移到想要查詢的土系名稱上（圖六），點選後再點一下『我要查詢』功能鍵，一樣要等待一點時間，系統會將這個土系分布的位置以圖形的方式顯示，並將這個土系的統計資料製成表格（圖七），若使用者點選在表格中的英文土系名稱，一樣會另開一個瀏覽視窗，內容爲這個土系的說明。圖形方面也有放大、縮小及上下左右移動的功能，另外若直接在圖上點某一點，資料表格就會變成選到的這塊土系的面積及前述的十一項資料代碼（圖八）。



圖七：查詢土系資料結果



圖八：單塊土系資料查詢結果

此一查詢系統仍在不斷的改進，以提供使用者更方便、更親切的使用介面，使各階層都能接觸到有關土壤的知識，進而關心土壤環境，了解土壤保育對人類生活的重要性。

（三）資訊服務產值效益評估

85-97年間單以農業試驗所之土壤調查資訊服務提供農業、地政、工程、水利、區域規劃、環保及學術機構共34件次之服務，提供之土壤圖及電子檔服務直接價值至少可節省再調查所需經費

約 3,384,000,000 元(每公頃調查約為 300 元)及 180 年(全省調查 17 年 x 9 + 27 年零星調查)之調查時間，由本項資料應用產出之間接價值則不計算在內。

五、未來之工作重點

(一) 臺灣地區之土壤調查資料分別在二十餘年間完成，因沒有有專責單位負責進行，計畫間斷與人員更替，使得土壤調查資料未能整合及標準化，無法充分的發揮土壤資料之應有效果。農業試驗所自八十六年度起，開始建置共用性之土壤調查資料庫，即在整合及擴充現有之土壤調查資料庫。待土壤調查資料庫整合完成之後，土壤調查資料之標準化工作應接續進行，將過去土壤調查資料及後續之調查工作建置成為具有前瞻性、一致性並符合未來需求之土壤資料庫，才能發揮土壤調查資料庫之真正功能。

(二) 現有之土壤調查資料已完成二十年，因為過去之土壤調查技術受限於專業技術而使得現有之土壤調查資料欠缺已無法符合定量、精確化之現代需求，急待土壤工作者之共同努力，更新及擴充臺灣的區土壤資料庫內容。

(三) 以地理資訊系統技術配合開發專家系統，以擴充目前以資料查詢為主的使用方式。以農業利用為例：結合土壤養份循環模式，開發肥料承受力之分析模式，並利用土壤資料估算不同生態環境之肥料等投入承受力及繪出分級圖。又如進行全域性之作物適地評價圖化作業，以及建立地域性之土壤管理及施肥推薦系統，因應農民栽植作物有關管理技術之諮詢需求，穩定農業生產，提昇農產品質。